

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2003-053699
 (43) Date of publication of application : 26. 02. 2003

(51) Int. Cl.

B81C 1/00
 B82B 3/00
 G01B 11/24
 G01M 11/02
 G01N 13/14
 G12B 21/00

(21) Application number : 2001-244719

(71) Applicant : NIKON CORP

(22) Date of filing : 10. 08. 2001

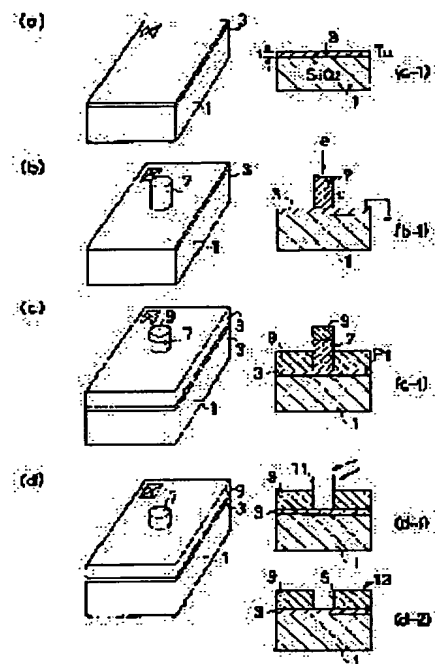
(72) Inventor : FUJII TORU
 WATANABE SHUNJI

(54) METHOD OF FORMING PINHOLE AND MEASURING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of forming a pinhole of a microscopic diameter at low cost.

SOLUTION: The method of forming pinholes includes first to third processes. In the first process, a conductive film 3 is formed by sputtering on a substrate 1 and an electron ray e is applied on the conductive film 3 to form a cylinder 7 having a microscopic diameter and mainly composed of carbon. In the second process, an optical shield film 9 is formed by sputtering on the conductive film 3 around the cylinder 7. In the third process, the substrate 1 with the film 9 formed thereon is heat-treated in the atmosphere at, for example, about 700°. Oxygen in the atmosphere is thereby supplied to the cylinder 7 via the film 9 and the cylinder 7 made of carbon is oxidized and dissipates as carbon dioxide, resulting in the formation of a pinhole 5 of a microscopic diameter at the position where the cylinder 7 existed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) ; 1998, 2003 Japan Patent Office

© EPODOC / EPO

PN - JP2003053699 A 20030226
PD - 2003-02-26
PR - JP20010244719 20010810
OPD - 2001-08-10
TI - METHOD OF FORMING PINHOLE AND MEASURING DEVICE
IN - FUJII TORU;WATANABE SHUNJI
PA - NIPPON KOGAKU KK
IC - B81C1/00 ; B82B3/00 ; G01B11/24 ; G01M11/02 ; G01N13/14 ;
G12B21/00

© WPI / DERWENT

TI - Pinhole formation method for microscope, involves removing microcylinder from surface of substrate, after forming optical shielding membrane with preset thickness on substrate
PR - JP20010244719 20010810
PN - JP2003053699 A 20030226 DW200339 B81C1/00 009pp
PA - (NIKR) NIKON CORP
IC - B81C1/00 ;B82B3/00 ;G01B11/24 ;G01M11/02 ;G01N13/14 ;G12B21/00
AB - JP2003053699 NOVELTY - A microcylinder (7) formed on the surface of a substrate (1), is removed after forming an optical shielding membrane (9) on substrate surface so that the thickness of shielding membrane is less than that of microcylinder.
- DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for shape measuring device.
- USE - For forming micro pinhole for microscope, and in measuring devices for inspecting optical wavefront or near field, and in semiconductor exposure apparatus for semiconductor device manufacture.
- ADVANTAGE - Enables forming pinhole of micro diameter easily. Detects shape of measured surface accurately. Enables detecting uneven surface condition of a specimen surface precisely.
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a side view of substrate in pinhole forming process.
- substrate 1
- microcylinder 7
- optical shielding membrane 9
- (Dwg.1/5)
OPD - 2001-08-10

AN - 2003-408142 [39]

● PAJ / JPO

PN - JP2003053699 A 20030226

PD - 2003-02-26

AP - JP20010244719 20010810

IN - FUJII TORU WATANABE SHUNJI

PA - NIKON CORP

TI - METHOD OF FORMING PINHOLE AND MEASURING DEVICE

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of forming a pinhole of a microscopic diameter at low cost.

- SOLUTION: The method of forming pinholes includes first to third processes. In the first process, a conductive film 3 is formed by sputtering on a substrate 1 and an electron ray e is applied on the conductive film 3 to form a cylinder 7 having a microscopic diameter and mainly composed of carbon. In the second process, an optical shield film 9 is formed by sputtering on the conductive film 3 around the cylinder 7. In the third process, the substrate 1 with the film 9 formed thereon is heat-treated in the atmosphere at, for example, about 700 deg.. Oxygen in the atmosphere is thereby supplied to the cylinder 7 via the film 9 and the cylinder 7 made of carbon is oxidized and dissipates as carbon dioxide, resulting in the formation of a pinhole 5 of a microscopic diameter at the position where the cylinder 7 existed.

I - B81C1/00 ;B82B3/00 ;G01B11/24 ;G01M11/02 ;G01N13/14 ;G12B21/00

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-53699

(P2003-53699A)

(43) 公開日 平成15年2月26日 (2003.2.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード* (参考)
B 8 1 C	1/00	B 8 1 C 1/00	2 F 0 6 5
B 8 2 B	3/00	B 8 2 B 3/00	2 G 0 8 6
G 0 1 B	11/24	G 0 1 M 11/02	B
G 0 1 M	11/02	G 0 1 N 13/14	B
G 0 1 N	13/14	G 0 1 B 11/24	D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-244719 (P2001-244719)

(22) 出願日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 藤井 透

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 渡辺 俊二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100092897

弁理士 大西 正悟

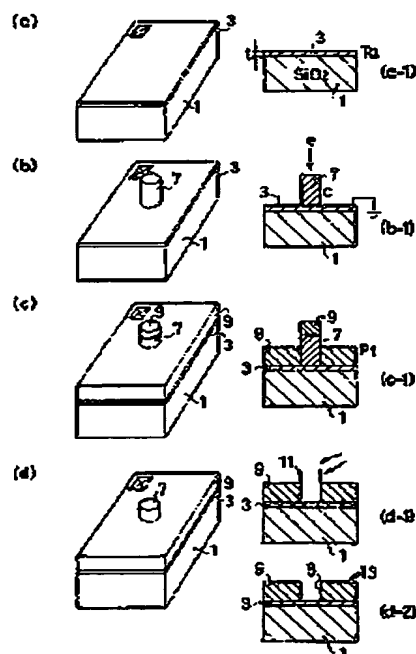
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ピンホール製造方法及び測定装置

(57) 【要約】

【課題】 微小径のピンホールを安価に製造するピンホール製造方法を提供する。

【解決手段】 ピンホール製造方法は第1工程から第3工程を有する。第1工程では、基板1上にスパッタリングにより導電膜3を形成し、続いて導電膜3上に電子線eを照射して炭素を主成分とする微小径の円柱7を形成する。第2工程では、スパッタリングにより導電膜3上であって円柱7の周囲に光学遮蔽膜9を形成する。第3工程では、光学遮蔽膜9が成膜された基板1を大気中で、例えば、約700°で熱処理する。これにより、大気中の酸素が光学遮蔽膜9を介して円柱7に供給され、炭素製の円柱7は酸化されて二酸化炭素として散逸し、その結果として円柱7があった位置に微小径のピンホール5が形成される。



(2)

特開2003-53699

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学基材の表面上のビームアシストにより微小径の円柱を形成する第1工程と、

前記微小径の円柱を含む前記光学基材の表面上に前記微小径の円柱の厚さより薄い膜厚の光学遮蔽膜を形成する第2工程と、

前記微小径の円柱を除去して前記光学遮蔽膜に微小径のピンホールを形成する第3工程と、

を有することを特徴とするピンホールの製造方法。

【請求項2】 前記第1工程は、前記光学基板の表面上に導電膜を形成した後に行なわれることを特徴とする請求項1記載のピンホールの製造方法。

【請求項3】 前記ビームアシストとして走査型電子顕微鏡の電子線を使用し、主成分が炭素である前記微小径の円柱を形成することを特徴とする請求項1又は2記載のピンホールの製造方法。

【請求項4】 前記光学遮蔽膜は、酸化し難い高融点材料であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載されたピンホールの製造方法。

【請求項5】 前記微小径の円柱の除去は、酸素雰囲気中での熱処理により行なわれることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載されたピンホールの製造方法。

【請求項6】 前記微小径の円柱の除去は、酸素雰囲気中での反応性イオンエッチングにより行なわれることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載されたピンホールの製造方法。

【請求項7】 前記第3工程の後、前記ピンホールを含む光学基材上に光学遮蔽膜に形成された欠陥を修復するための修復膜を形成し、

前記ピンホールを含む位置に相当する修復膜を除去することによりピンホールを形成する第4工程を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載されたピンホールの製造方法。

【請求項8】 前記第4工程において、前記修復膜を除去することによりピンホールを形成することを特徴とする請求項7に記載されたピンホールの製造方法。

【請求項9】 検出器により、被検物からの反射光又は透過光である測定用光束と、ピンホールから生じる球面波からなる参照用光束とを適宜に干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、被検物の面形状又は収差を測定する測定装置であって、前記ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造されたことを特徴とする測定装置。

【請求項10】 光を被検物の被測定面側から照射し、或いは前記被測定面の裏面側から照射した場合に、前記被測定面から発生する光を、先端にピンホールを備え、内部に光が伝播し得るプローブを用いて検出し、検出した光量の変化により被検物の表面形状を測定することを

2

特徴とする測定装置であって、

前記ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造されたことを特徴とする測定装置。

【請求項11】 先端にピンホールを備え、内部に光が伝播し得るプローブから被検物に向けて光を照射し、前記被検物を透過した光の光量変化により前記被検物の表面形状を測定することを特徴とする測定装置であって、前記ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造されたことを特徴とする測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小なピンホールを利用した技術、特に、高幅度波面を検査する測定器や近接場を利用した顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体回路素子等のデバイスをリソグラフィ工程によって製造する場合に使用される半導体露光装置は、近年、今まで以上に細かなパターンを露光したいという要求から、精度のより高い投影レンズが必要とされている。この投影レンズを評価する装置として、例えば、波面計測機が開発されている。この波面計測機は、光源からの光がピンホールを通過して発生する球面波を検査物である投影レンズに照射し、投影レンズからの光を回折格子に集光させ、回折格子から射出する回折干渉光の干渉縞から投影レンズの波面の歪みを解析するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の波面計測機の場合、これに使用される光源の波長が200nmよりも短くなると、この波長に対応して球面波を発生させるために必要なピンホールの径が100nmを下回るようになり、このような微小なピンホールを作成する新たな製造技術が必要になった。尚、光リソグラフィや電子ビームリソグラフィ工程を使用して微小径のピンホールを作成することは可能であるが、1つのピンホールを形成するのに極めて高いコストを必要とする。このためそれ以外の方法で作成したピンホールを用いて波面計測機の精度を高幅度化することができず、投影レンズを評価することが不可能となり、精度の高い半導体露光装置の開発が困難になった。

【0004】また、近接場を利用した走査型顕微鏡には、被検物から現れたエバネッセント波に先端が尖った探针を当て、エバネッセント波を光として探针を介して通し、この光の強さを測定して被検物の表面形状(凹凸)を調べるものがあるが、この走査型顕微鏡の場合、探针の先端に微小径のピンホールを配設すれば波長の短いエバネッセント波の光をピンホールを介して取り入れて被検物の表面形状をより細かく調べる事ができる

3

が、前述したように製造コストが安価な微小径のピンホールを作成する製造技術がなかったため、精度の高い近接場を利用した走査型顕微鏡の実用化は困難な状態にあった。

【0005】本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、微小径のピンホールを安価で製造することができるピンホール製造方法及び精度の高い波面計測機並びに精度の高い近接場を利用した走査型顕微鏡等の測定装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本発明のピンホールの製造方法は、光学基材（例えば、実施形態における基板1）の表面上のビームアシストにより微小径の円柱を形成する第1工程と、微小径の円柱を含む光学基材の表面上に微小径の円柱の厚さより薄い膜厚の光学遮蔽膜を形成する第2工程と、微小径の円柱を除去して光学遮蔽膜に微小径のピンホールを形成する第3工程とを有して構成される。

【0007】上記構成のピンホールの製造方法によれば、ビームアシストを利用することで光学基材の表面上に最小径としてビームの波長と同程度の径の円柱を形成することができるので、円柱の周辺に光学遮蔽膜を形成し、形成された円柱を除去することで、微小径のピンホールを容易に成形することができる。本明細書において、ビームとは、電子顕微鏡の電子線や短波長レーザやイオンビーム等を含み、これらビームにより光学基材の表面上に微小径の円柱を容易に形成することができる。

【0008】上記ピンホールの製造方法において、第1工程は光学基板の表面上に導電膜を形成した後に進んでもよい。

【0009】上記ピンホールの製造方法によれば、光学基板の表面上に形成された導電膜上に電子線が照射されると、導電膜が接地されている場合、電子線は大地に流入して光学基板上の帯電が防止される。

【0010】上記ピンホールの製造方法において、ビームアシストとして走査型電子顕微鏡の電子線を使用し、主成分が炭素である微小径の円柱を形成してもよい。

【0011】上記ピンホールの製造方法によれば、電子線を導電膜上に照射すると、電子顕微鏡内の炭素種の汚染物質が電子線によって分解・反応を起こし、照射された導電膜上に炭素を主成分とする微小径の円を形成する。

【0012】上記ピンホールの製造方法において、光学遮蔽膜は酸化し難い高融点材料であってもよい。

【0013】上記ピンホールの製造方法によれば、光学遮蔽膜は耐酸化性を有することになる。

【0014】上記ピンホールの製造方法において、微小径の円柱の除去は酸素雰囲気中での熱処理により進んでもよい。

【0015】上記ピンホールの製造方法によれば、円柱

(3)

特開2003-53699

4

が形成された光学基板を酸素雰囲気中で熱処理を行なうと、炭素を主成分とした円柱は酸素が供給されて酸化され、二酸化炭素となって散逸する。その結果として微小径の円柱が除去される。

【0016】上記ピンホールの製造方法において、微小径の円柱の除去は酸素雰囲気中での反応性イオンエッチングにより行なわれてもよい。

【0017】上記ピンホールの製造方法によれば、円柱が形成された光学基板を酸素雰囲気中で反応性イオンエッチングを行なうと、炭素を主成分とした円柱がエッチングされて光学基板にピンホールが形成される。

【0018】上記ピンホールの製造方法において、第3工程の後に、ピンホールを含む光学基材上に光学遮蔽膜に形成された欠陥を修復するための修復膜（例えば、実施形態におけるクロム膜）を形成し、ピンホールを含む位置に相当する修復膜を除去することによりピンホールを形成する第4工程を設けてもよい。

【0019】上記ピンホールの製造方法によれば、第4工程は、光学遮蔽膜の遮蔽機能が達成できる程度に光学遮蔽膜の膜厚が充分でない場合、その遮蔽機能を補完するため導電膜を厚くし、また光学遮蔽膜に生じた欠陥を保護する場合に意義がある。

【0020】上記ピンホールの製造方法において、第4工程において導電膜を除去することによりピンホールを形成してもよい。

【0021】上記ピンホールの製造方法によれば、導電膜が厚くなると、光が完全に遮光されてしまいピンホールとしての機能を果たさなくなる虞があり、この場合は露出している導電膜をエッチングしてピンホールを形成する。ここで、光学基板までエッチングされないように、導電膜のエッチング条件及び時間は制御されることが好ましい。

【0022】本発明のピンホールを用いた測定装置は、検出器（例えば、実施形態における検出光学装置17）により、被検物からの反射光又は透過光である測定用光束と、ピンホールから生じる球面波からなる参照用光束とを違いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、被検物の面形状又は収差を測定する測定装置（例えば、実施形態における点回折干渉装置）であって、ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造される。

【0023】上記ピンホールを用いた測定装置によれば、前述した請求項1～8のいずれかに記載の微小径ピンホールの製造方法の開発により微小径のピンホールを安価に製造することが可能になったので、測定装置に短波長の光を出射する光源に対応した微小径のピンホールを備えることが可能になった。このため、微小径のピンホールに短波長の光を入射させると、ピンホールから球面波が出射され、被測定面の形状を高精度に検出することができる。

(4)

特開2003-53699

5

6

【0024】本発明のピンホールを用いた測定装置は、光を被検物の被測定面側から照射し、或いは被測定面の裏面側から照射した場合に、被測定面から発生する光を、先端にピンホールを備え、内部に光が伝達し得るプローブを用いて検出し、検出した光量の変化により被検物の表面性状を測定することを特徴とする測定装置（例えば、実施形態における近接場光走査顕微鏡）であって、ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造される。

【0025】上記ピンホールを用いた測定装置によれば、前述した請求項1～8のいずれかに記載の微小径ピンホールの製造方法により微小径のピンホールを持つプローブを安価に製造することが可能になった。このため、短波長の光を出射する光源を使用して高分解能の測定装置を得ることができ、被検物の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することが可能になる。

【0026】本発明のピンホールを用いた測定装置は、先端にピンホールを備え、内部に光が伝達し得るプローブから被検物に向けて光を照射し、被検物を透過した光の光量変化により被検物の表面性状を測定することを特徴とする測定装置（例えば、実施形態におけるエミッションモードタイプの近接場光走査顕微鏡）であって、ピンホールが、請求項1～8のいずれか一項に記載のピンホールの製造方法により製造される。

【0027】上記ピンホールを用いた測定装置によれば、前述した請求項1～8のいずれかに記載の微小径ピンホールの製造方法により微小径のピンホールを持つプローブを安価に製造することが可能になった。このため、短波長の光を出射する光源を使用して高分解能の測定装置を得ることができ、被検物の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することが可能になる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を図1から図5を使用して説明する。本実施の形態は微小径のピンホールを搭載した点回折干渉装置及び近接場を利用した走査型顕微鏡の態様を示す。最初に、これらの装置を説明する前に、これらの装置に搭載される微小径のピンホールを備えたピンホール部材の製造方法について説明する。

【0029】

【第1の実施の形態】ピンホール部材の製造方法について図1を使用して説明する。ピンホール部材の製造方法は第1工程、第2工程及び第3工程から構成され、先ず、第1工程について説明する。尚、図1（a）、

（b）…は斜視図を示し、図1（a-1）、（b-1）…は、図1（a）、（b）…の各々の縦断面図を示す。第1工程では、図1（a）及び（a-1）に示すように、耐熱性があり平面度の良い石英（SiO₂）製の基板1上にタンタル（Ta）製の導電膜3をスパッタリングで成膜し、基板表面を導電化させる。但し、導電膜3

の膜厚1は、後述する図1（d-2）に示すピンホール5内を通過する光（例えば、レーザ、エバネッセント波の光）が導電膜3を十分に透過でき、且つ電子線eを導電膜3の表面に照射したときに帯電（チャージアップ）しないような抵抗値を有するように、例えば約5 nmにする。

【0030】導電膜3が成膜されると、図1（b）及び（b-1）に示すように、導電膜3が形成された基板1を図示しない走査型顕微鏡内に設置する。続いて、走査型顕微鏡中でアライメントマークを基準にして視野を決定し、走査型顕微鏡のSPOTモード及びベクトルスキャンモードを使用して、導電膜3の表面上に電子線eの照射領域を微小な所定径に設定する。電子線eの照射時間を制御すると導電膜3上に形成される炭素を主成分とする円柱7の高さを制御することができる。また照射領域を制御すると円柱7の径を制御することができ、照射領域は電子線eの波長（約10 nm）と同程度の径まで小さくすることができる。このため、形成される円柱7の径を微小径にすることができる。尚、円柱7の高さは形成されるピンホール5の深さよりも高くすることが望ましい。

【0031】照射領域を所定径に設定し、更に加速電圧、電流を設定して電子線eを導電膜3上に照射する。電子線eが照射されると、顕微鏡内の炭素種の汚染物質が電子線eによって分解及び反応して電子線eが照射された箇所のみ炭素を主成分とする微小円柱状の構造体が堆積する。尚、電子線eは導電膜3を介して大地に流出するので、導電膜3上が帯電することはない。電子線eを所定時間照射すると、所望の高さ（例えば、200 nm）を有した微小径の円柱7が形成されて第1工程が終了する。尚、導電膜3上に照射する電子線eは、例えば、短波長レーザやイオンビーム等でもよい。

【0032】続いて、第2工程について説明する。円柱7が形成されると、図1（c）及び（c-1）に示すように、透光性があり耐酸化性を有する白金Ptをスパッタリングにより導電膜3上であって円柱7の周辺に成膜して光学遮蔽膜9を形成する。膜厚は、例えば、100 nmにする。尚、光学遮蔽膜9は円柱7の周辺のみならず円柱7の上部にも堆積され、導電膜3上に形成される光学遮蔽膜9は表面が平らで緻密な膜となり、円柱7上面に形成される光学遮蔽膜9は円柱7上面が粗い面であるので粗密な膜となる。光学遮蔽膜9は、前述した白金に限るものではなく、金、パラジウム、イリジウム、レニウム等の酸化し難い高融点材料（いわゆる貴金属）であればいずれでもよい。

【0033】続いて、第3工程について説明する。光学遮蔽膜9が成膜されると、図1（d）、（d-1）及び（d-2）に示すように、光学遮蔽膜9が成膜された基板1を大気中で、例えば、約700℃で熱処理する。これにより、大気中の酸素が光学遮蔽膜9を介して円柱7

(5)

特開2003-53699

7

8

に供給され、炭素製の円柱7は酸化されて二酸化炭素として散逸する。その結果として円柱7があった位置に微小径のピンホール5が形成される。尚、加熱後、円柱7があった位置に円筒状の密度の低い白金膜11が残った場合には、流体、例えば圧縮空気をこれに吹き付けると、円筒状の白金膜11を容易に除去することができる。また、図示しないプローブ顕微鏡のプローブを加工位置で走査すれば、円筒状の白金膜11を除去することも可能である。更に、炭素製の円柱7を除去する方法として酸素雰囲気中（例えば、大気中）において反応性イオンエッチングにより円柱7を除去することもできる。尚、図1の（d-2）に示す構造体を以下、ピンホール部材13と記す。

【0034】このように、電子線eを利用することで基板1の面上に、最小径として電子線eの波長と同程度の径の円柱7を形成することができるので、円柱7の周辺に光学遮蔽膜9を形成して円柱7を除去すれば、微小径のピンホール5を容易に形成することができる。

【0035】更に、ピンホール5を含む光学遮蔽膜9上にクロム膜を成膜した後に、ドライエッチングにより、再度ピンホール5を形成するとともにクロム膜にはピンホール5を含むピンホール径よりも大きな開口を形成し、更に、ピンホールの導電膜をエッチングする。以下、この工程を第4工程と記す。このような第4工程を更に追加することは、光学遮蔽膜9を遮蔽機能が発揮できる程度に充分厚くすることができない場合であって、その遮蔽機能を補完するため導電膜3を厚くするとともに、更に光学遮蔽膜9に生じた欠陥を保護するためクロム膜を形成する場合に意義がある。光学遮蔽膜9を遮蔽機能が達成できる程度に充分厚くすることができない場合は、ピンホールが、例えば、100nm以下に極めて小さくする必要があるときである。

【0036】即ち、通常、炭素を積層すればするほど、円柱の径が太くなるので、極めて小さいピンホール径を形成する場合は、円柱の高さを低くせざるを得ない。それに伴って、光学遮蔽膜の膜厚が薄くなり、遮蔽機能を十分に果たすことができなくなるので、それを補完するために、導電膜3を厚く成膜する。但し、導電膜3を厚くすると、光が完全に遮光されてしまいピンホールとしての機能を果たさなくなる場合があり、その場合はクロム膜を開口する前述した第4工程を利用して、露出している導電膜3までエッチングしてピンホールを形成する。ここで、石英ガラス基板1までエッチングされることがないように、導電膜3のエッチング条件及び時間を制御する。

【0037】尚、光学遮蔽膜9にいわゆる貴金属膜を用いれば、エッチングマスクの働きができる。また、光学遮蔽膜9に欠陥が存在する場合であっても、クロム膜を形成することにより欠陥が修復され、充分な遮光ができる。これは、クロム膜が修復膜として機能するからであ

る。

【0038】

【第2の実施の形態】次に、第1の実施の形態における製造方法で製造されたピンホール部材13を用いた点回折干渉装置（Point Diffraction Interferometer：以下、PDIという）について説明する。PDIはピンホールの回折により生じた理想的な球面波を基準波面として被測定面の球面形状を計測するものである。ピンホールの直径 ϕ が次式（1）を満足している場合には、ピンホールで回折された波面は、理想的な球面波と見なすことが出来るため高精度な計測が可能となる。

$$\lambda/2 < \phi < (\lambda r/2a) \quad \cdots (1)$$

ここで、 λ ：使用波長

r ：被測定面の近似曲率半径

a ：被測定面の口径

式（1）から見ると、高精度で計測するために、光源からの光の波長 λ が短いものを使用しなければならない。更に、 $r/2a < 1$ の場合に光源からの光の波長 λ がピンホールの直径 ϕ よりも小さいものを使用しなければならない。（被測定面の近似曲率半径 r が小さい、又は被測定面の口径 a が大きい、或いは、被測定面の近似曲率半径 r が小さいと同時に被測定面の口径 a が大きい場合）

【0039】図2はPDIの光路図の一例である。短波長レーザ（例えば、フッ化アルゴンエキシマレーザ、フッ素レーザ）を出力する光源8と、被測定面（例えば、凹面鏡）14の間には直径 ϕ のピンホール5を有する反射鏡10（ピンホールミラーと記す。）が設置されている。尚、反射鏡10は、反射光量を稼ぐために図1に示すピンホール部材13の光遮蔽膜9上に、さらに反射膜を形成したものであってもよい。

【0040】光源8から出力されたレーザ光は、第1光学系18で集光されてピンホールミラー10に照射される。レーザ光はピンホールミラー10に設けられたピンホール5で回折され、理想的な球面波として広がっていく。この球面波の一部が測定用光束L1として被測定面（例えば、凹面鏡）14に照射され、被測定面（例えば、凹面鏡）14で反射されてピンホールミラー10に再び集光される。ピンホールミラー10に集光された測定用光束L1はピンホールミラー10によって反射され、第2光学系16で平行光束とされた後に検出光学装置CCD17の受光面に到達する。

【0041】一方、ピンホール5で回折された理想的な球面波の他の一部は参照用光束L2として第2光学系16で平行光束とされた後、検出光学装置CCD17に達する。そのため、検出光学装置CCD17の受光面では参照用光束L2と被測定面（例えば、凹面鏡）14からの測定用光束L1との干渉によって干渉縞が生じる。検出光学装置CCD17からの出力は不図示のコンピュータに取り込まれて回折され、干渉縞の状態から被測定面

(例えば、凹面鏡) 14の形状が測定されることができ

【0042】PDI用ピンホールミラー10は、第1の実施の形態で説明した製造方法により製造されたものである。石英製の基板1の表面に導電膜3と光学遮蔽膜9が形成され、光学遮蔽膜9に微小径のピンホール5が形成されるものである。

【0043】上記構成のPDIによれば、光源8から供給された短波長の光は第1光学系18を介してピンホールミラー10のピンホール5に入射されると、ピンホールミラー10から球面波が射出する。ここで、従来では、微小径のピンホール5を安価に製造する技術がなかったため、短波長の光を射出する光源8をPDIに搭載することが可能にしても、この光源8の波長に対応する微小径ピンホールを備えたピンホールミラー10をPDIに搭載することができず、その結果として短波長の光を射出する光源8を使用することができなくなり、高分解能のPDIを得ることができない。即ち、被測定面(例えば、凹面鏡)14の形状収差を高精度で測定することができなかった。

【0044】それに対して、本発明に係わるPDIでは、前述した微小径ピンホール5の製造方法の開発により微小径のピンホールを備えるピンホールミラーを安価に製造することが可能になったので、PDIに短波長の光を射出する光源8に対応した微小径ピンホール5を備えるピンホールミラー10を搭載することが可能になった。このため、微小径のピンホール5に短波長の光を入射させると、ピンホールミラー10から球面波が射出され、被測定面(例えば、凹面鏡)14の形状収差を高精度で測定することができる。

【0045】

【第3の実施の形態】次に、第1の実施の形態における製造方法で製造されたピンホール5を先端に持つプローブ12を用いた近接場光走査型顕微鏡(Near-Field Scanning Optical Microscope;以下、NSOMと記す。)について説明する。NSOMは、回折限界によってその分解能が制限される一般的な光学顕微鏡に比べて高い分解能を有している。即ち、光源からの光の波長よりも小さい直径を有するピンホール5を先端に持つプローブ12を被測定物の被測定面に対して相対的に走査させることによって、被測定物の被測定面情報を高分解能に測定することが可能である。

【0046】このNSOMには、被測定物の被測定面と反対側の面に光源からの光を照射した際に、被測定物の被測定面から発生する光をプローブを介して取り込むことによって被測定物の被測定面情報を測定する方法や、被測定物の被測定面に光源からの光を照射した際に被測定物の被測定面から発生する散乱光をプローブを介して取り込むことによって被測定物の被測定面情報を測定する方法(コレクトモードタイプ)が適用されている。更

に、プローブのピンホールから試料に光源からの光を射出した際に、被測定物から発生する透過光や散乱光等を取り込んで被測定物の被測定面の情報を測定する方法(エミッションモードタイプ)も適用されている。

【0047】第3の実施の形態では、NSOMのコレクトモードタイプについて説明する。図3はコレクトモードタイプのNSOMの基本的な構成を示す。図4はNSOM用プローブの先端の断面図を示す。コレクトモードタイプのNSOMは、図3に示すように、被測定物56は三角プリズム98の上に載置される。光源26から射出された平行光ビームは、ビームエキスパンダー28によって所定のビーム径に変換された後、ミラー100で反射され、三角プリズム98に入射する。被測定物56の被測定面には、図4を更に追加して説明すると、先端69に光源26の射出する光の波長よりも短い径のピンホール5を持つプローブ12が、スキャナーコントローラ24により制御されるスキャナー22によって被測定物56の被測定面に沿って走査可能に支持されている。プローブ12の上端には光ファイバー25の一端が光学的に結合されており、光ファイバー25の他端は光検出器27に光学的に結合されている。

【0048】プローブ12の先端69を被測定物56の被測定面に光源26の射出する光の波長の長さよりも近づけて配置すると、プローブ12の先端69と被測定物56の被測定面の間隔に対応した強度の光がプローブ12の先端69のピンホール5を通過してプローブ12の内部に入射し、光ファイバー25の中を伝送して光検出器27に入射し、光検出器27は入射強度に応じた信号を出力する。処理装置29は、スキャナーコントローラ24からプローブ12の被測定物表面に沿った位置情報を取り込むとともに、光検出器27の出力信号から被測定物表面の情報を算出し、これらの情報を同期させて処理して、被測定物56の被測定面の三次元像を形成する。この三次元像はモニター20に表示される。

【0049】上記構成のNSOMによれば、被測定物56の被測定面と反対側の面に光を照射するとき、プローブ12の先端69が被測定物56の被測定面に光源26から射出する光の波長よりも近づけて配置されると、プローブ12の先端69と被測定物56の被測定面の間隔に対応した強度の光が、プローブ12の先端69のピンホール5を通過してプローブ12の内部に入射する。該光は光ファイバー25の中を伝送して光検出器27に入射し、光検出器27は入射光強度に応じた信号を出力する。処理装置29は、スキャナーコントローラ24からプローブ12の被測定物56の被測定面に沿った位置情報を取り込むとともに、光検出器27の出力信号から被測定物56の被測定面の情報を算出し、これらの情報を同期させて処理して、被測定物56の被測定面の三次元像を形成する。この三次元像はモニター20に表示される。

(7)

特開 2003-53699

11

【0050】プローブ12の先端69は、窒化珪素からなる逆三角形の基板1上に導電膜3と光学遮光膜9を成膜し、下方へ突出する光学遮光膜9の下端部に微小径のピンホール5を形成したものである。

【0051】ここで、従来では、微小径のピンホール5を安価に製造できなかったため、短波長の光を出射する光源26をNSOMに搭載することが可能でも、この光源26の波長に対応する微小径のピンホールを持つプローブをNSOMに搭載することができず、その結果として高分解能のNSOMを得ることができない、即ち、被測定面56の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することができなかった。

【0052】それに対して、本発明に係わるNSOMでは、前述した微小径ピンホール5の製造方法により安価で製造可能な微小径のピンホールを持つプローブを先端に適用することが可能になった。このため、短波長の光を出射する光源26を使用して、高分解能のNSOMを得ることができ、被測定面56の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することが可能になる。

【0053】

【第4の実施の形態】次に、第1の実施の形態における製造方法で製造されたピンホール5を先端に持つプローブを有したNSOMのエミッションモードタイプについて説明する。図5はエミッションモードタイプのNSOMの基本的な構成を示す。エミッションモードタイプのNSOMは、図5に示すように、被測定物56を集光レンズ102の上に載置する。集光レンズ102の下方には集光レンズ102の軸104を介在させて、入射光の強度に応じた信号を出力する光検出器94が配置されている。被測定物56の被測定面には、プローブ12が、

スキャナーコントローラ24により制御されるスキャナー22によって被測定物56の被測定面に沿って走査可能に支持されている。

【0054】プローブ12の上端には光ファイバー25の一端が光学的に結合されており、光ファイバー25の他端は、光ファイバー用カップリングレンズ92とビームエクスパンダー28を介して、平行ビームを出射する光源26に光学的に結合されている。プローブ12は、光源26の射出する光の波長よりも短い径のピンホール5を先端69に備えている。

【0055】上記構成のNSOMによれば、光源26から射出された平行ビームは、ビームエクスパンダー28で径が拡大された後に、光ファイバー用カップリングレンズ92により光ファイバー25の中へ導入され、その内部を伝搬してプローブ12に入射される。この結果、プローブ12の先端のピンホール5からエバネッセント波Aが射出される。エバネッセント波Aが被測定物56の影響を受けて生じた光は集光レンズ102に入射し、そのうち集光レンズ102の軸104を通過した光が光検出器94に入射する。

12

【0056】処理装置29はスキャナーコントローラ24からプローブ12の被測定物56の被測定面に沿った位置情報を取り込むとともに、光検出器94の出力信号から被測定物56の被測定面の情報を算出し、これらの情報を同期させて処理して、被測定物56の被測定面の三次元像を形成する。この三次元像はモニター20に表示される。

【0057】前述した第3の実施の形態で説明したように、NSOM用プローブ12の先端69は、図4に示す断面構造を持ち、第1の実施の形態で説明した製造方法により製造されるものである。このため、短波長の光を出射する光源26を使用して、高分解能のNSOMを得ることができ、被測定面56の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することが可能になる。

【0058】尚、前述した実施の形態では、微小径ピンホール5は、長さ方向に対する径の大きさは略同一であるものを示したが、これに限るものではなく、光の入射する側の開口部がラッパ状に拡開した形状にしてもよい。このような形状にすると、波長の短い光をピンホール5内に容易に取り込むことが可能になる。

【0059】また、第2の実施の形態から第4の実施の形態の他の実施形態として波面収差測定装置、例えば、被検物からの点像強度分布を用いて被検物の波面収差を算出する方式、周知のシャックハルトマン方式により被検物の波面収差を算出する方式等の装置の理想球面波を用いたキャリブレーションの際に使用するピンホールとして、第1の実施の形態のピンホールの製造方法により製造されたピンホールを適用することができる。この波面収差測定装置の校正がnmからサブnmオーダーまで高精度で可能となり、それにより高精度な測定が可能となる。

【0060】

【発明の効果】本発明に係わるピンホール製造方法によれば、ビームアシストを利用することで、基板の表面に最小径としてビームの波長と同程度の微小径の円柱を形成することができるので、円柱の周辺に光学遮光膜を形成し、形成された円柱を除去することで、微小径のピンホールを容易に成形することができる。

【0061】また、本発明に係わるピンホールを用いたPDIによれば、前述した微小径ピンホールの製造方法の開孔により微小径のピンホールを備えるピンホールミラーを安価に製造することが可能になったので、PDIに短波長の光を出射する光源に対応した微小径のピンホールを備えるピンホールミラーを搭載することが可能になった。このため、微小径のピンホールに短波長の光を入射させると、ピンホールミラーから球面波が出射され、被測定面の形状を高精度に検出することができる。

【0062】更に、本発明に係わるNSOMによれば、前述した微小径ピンホールの製造方法により微小径のピンホールを持つプローブを安価に製造することが可能に

(8)

特開2003-53699

13

なった。このため、短波長の光を出射する光源を使用して高分解能のNSOMを得ることができ、被検物の被測定面の凹凸状態を高分解能で識別することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

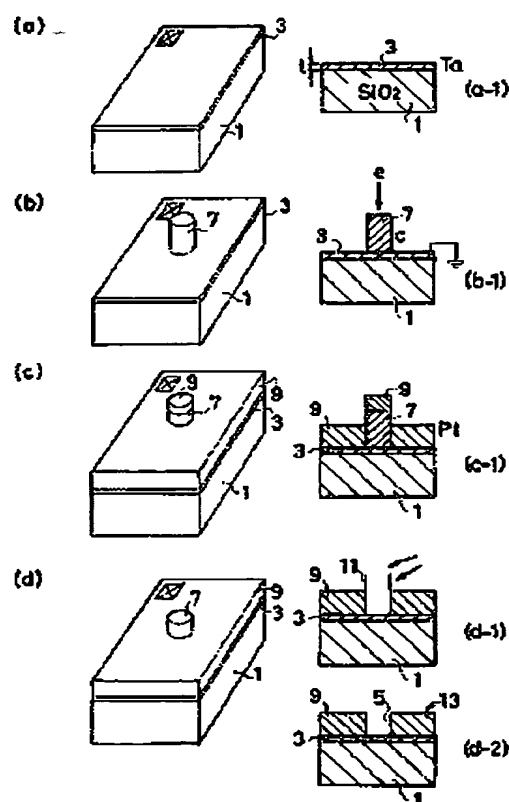
【図1】本発明の第1の実施の形態におけるピンホールの製造方法を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態における点回新干涉装置の光路図を示す。

【図3】本発明の第3の実施の形態におけるコレクトモードタイプの近接場光走査型顕微鏡の概略構成図を示す。

【図4】本発明の第3の実施の形態におけるプローブの先端の断面図を示す。

【図1】



14

*【図5】本発明の第4の実施の形態におけるエミッションモードタイプの近接場光走査型顕微鏡の概略構成図を示す。

【符号の説明】

1 基板（光学基材）

3 導電膜

5 ピンホール

7 円柱

9 光学遮蔽膜

12 プローブ

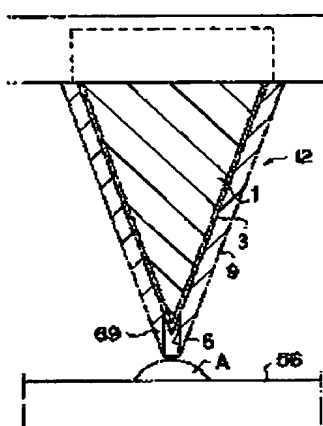
13 ピンホール部材

17 検出光学装置（検出器）

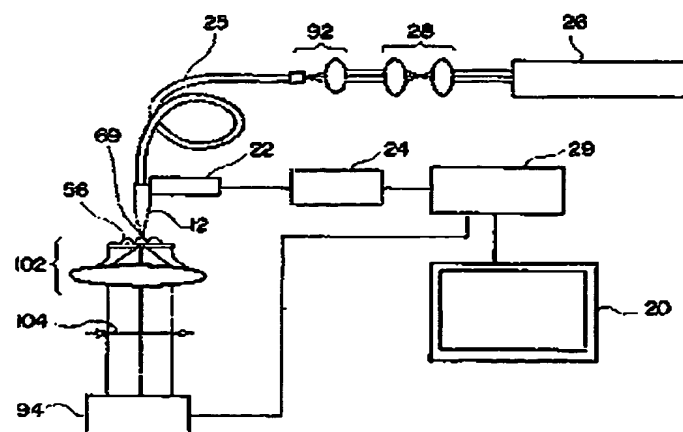
L1 測定用光束

* L2 参照用光束

【図4】



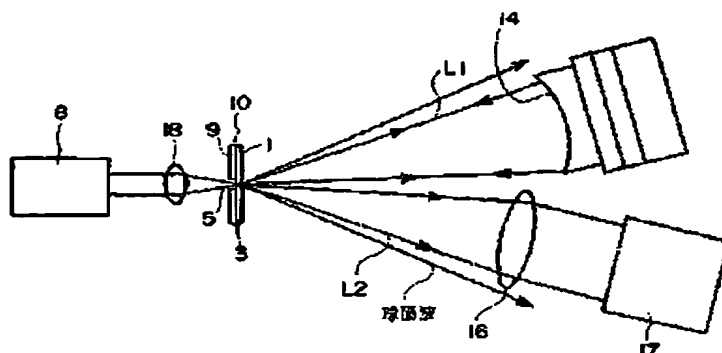
【図5】



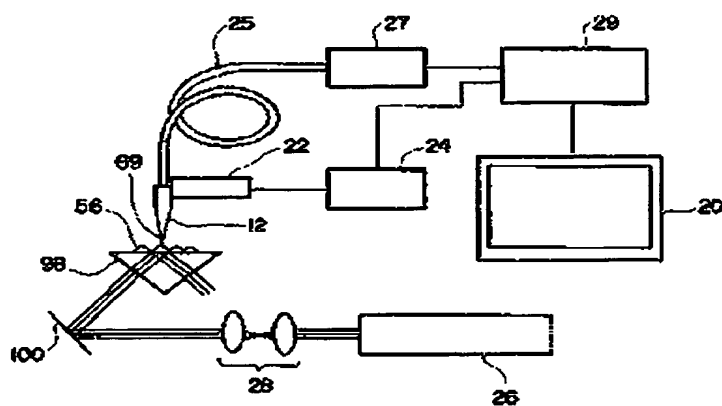
(9)

特開2003-53699

【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.
G 1 2 B 21/00

識別記号

F I
G 1 2 B 1/00シーコード (参考)
6 0 1 Z

F ターム (参考) 2F065 AA49 AA53 BB05 CC21 DD03
 FF42 FF51 FF52 GG05 HH02
 HH04 HH13 JJ03 JJ09 JJ26
 LL02 LL04 LL12 LL30 LL64
 MM16 NN05 PP24 SS13 UU01
 UU07
 ZG086 FF01 HH06